

Dampak Kemarau Panjang Terhadap Perubahan Sifat Biji Kopi Robusta (*Coffea canephora*)

Impact of Long Dry Season on Bean Characteristics of Robusta Coffee (Coffea canephora)

Ucu Sumirat¹⁾

Ringkasan

Karakteristik biji pada kopi Robusta (*Coffea canephora*) merupakan salah satu sifat yang harus dipertimbangkan dalam kegiatan perakitan bahan tanam unggul. Selain faktor genetik, faktor lingkungan memegang peranan penting dalam pembentukan maupun perubahan komposisi karakteristik biji. Penelitian ini dimaksudkan untuk melihat dampak kemarau panjang terhadap perubahan sifat biji. Populasi yang digunakan pada penelitian ini adalah populasi yang dibentuk dari persilangan resiprokal tiga tetua yaitu BP 409, BP 961 dan Q 121 yang berjumlah 277 genotipe. Pengamatan dilakukan di KP Kaliwining, Jember selama dua tahun dengan intensitas kemarau yang berbeda yaitu pada tahun pembuahan 2005–2006 dan 2006–2007. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemarau panjang berdampak pada penyempitan nilai selang populasi untuk karakter biji normal, biji bulat dan biji tiga, dan diikuti oleh penurunan nilai tengah kecuali untuk biji normal. Kemarau panjang juga berdampak pada pergeseran nilai selang populasi karakter biji kosong ke proporsi yang lebih tinggi, dan diikuti oleh naiknya nilai tengah populasi. Pola sebaran biji normal tetap mengarah ke proporsi yang tinggi, berkebalikan dengan biji bulat dan biji tiga. Di sisi lain, kemarau panjang cenderung memberikan kesan perubahan pola sebaran biji kosong yang menjadi mengarah ke proporsi yang tinggi. Karakter biji normal berkorelasi negatif dengan biji bulat dan biji kosong. Selain itu, karakter biji bulat berkorelasi positif dengan karakter biji kosong. Kemarau panjang menurunkan proporsi biji bulat dan biji tiga, berkebalikan dengan biji kosong. Kenaikan proporsi biji kosong berasal dari kegagalan tumbuh menjadi biji normal dalam kondisi tercekam.

Summary

Bean characteristics in Robusta coffee (Coffea canephora) should be taken into considerations in coffee breeding. Beside genetic factor, environment has been known as an important factor in the formation and change of composition of bean characteristics. This research aimed to find out the effect of long dry season on changes of bean characteristics. The population observed consisted of 277 genotypes originated from reciprocal crossings of three parental namely BP 409, BP 961 and Q 121. Observation was conducted in Kaliwining Experimental

1) Peneliti (*Researcher*); Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. P.B. Sudirman 90, Jember 68118, Indonesia.

Garden of ICCRI in Jember, East Java during two years with different drought intensity i.e. 2005–2006 and 2006–2007 production years. The result showed that long dry season decreased the range value of population of normal beans, pea beans and triage beans, and followed by decreasing in the mean value except for normal beans. Long dry season also influence the change of value range of empty bean to higher proportion, and followed by increasing in the mean value. Distribution pattern of normal beans tend in to remain at high proportion, in contrast to those of pea and triage beans. In other side, long dry season tended to change distribution pattern of empty beans to at high proportion. Correlation analysis among beans characteristics showed that normal beans had negative correlations with pea beans and empty beans. Pea beans had a positive correlation with empty beans. Long dry season decreased proportion of pea bean and triage bean, in contrast to those of empty beans. Increasing proportion of empty bean was caused by failure of growth to normal bean under stress condition.

Key words : *Coffea canephora*, bean characteristics, long dry season, variation, correlation, composition.

PENDAHULUAN

Penelitian mengenai karakteristik biji kopi telah banyak dilakukan seperti oleh Hulupi (1984), Iswanto *et al.* (1984), Mawardi & Hulupi (1995) dan Hulupi *et al.* (1997), namun semua penulis tersebut hanya membahas pada kopi Arabika. Karakteristik biji kopi, digolongkan menjadi dua yaitu biji normal dan biji abnormal, selanjutnya karakteristik biji abnormal dikelompokkan menjadi biji poliembrioni (biji gajah, *elephant bean*), biji bulat (biji tunggal, monospermi, *round bean*, *pea bean* atau *caracoli*), biji polispermi, biji tak beraturan bentuk (*misshapen bean*) dan biji kosong (*empty bean*).

Abnormalitas pada biji kopi Arabika diketahui dipengaruhi oleh interaksi genetik dan lingkungan seperti yang ditunjukkan oleh Mawardi & Hulupi (1995). Hal yang sama kemungkinan juga terjadi pada kopi Robusta oleh karena kesamaan genus yaitu *Coffea*. Oleh karena itu, penelitian untuk mengung-

kap abnormalitas biji pada kopi Robusta serta faktor-faktor penyebab perubahan kandungannya menjadi penting dalam pertimbangan kegiatan perakitan klon-klon unggul baru.

Keberadaan kopi abnormal telah diketahui sejak lama mempengaruhi produksi dan kualitas biji kopi yang dihasilkan. Biji bulat dan biji kosong akan menurunkan bobot biji yang dihasilkan karena jumlah biji yang terbentuk hanya satu atau bahkan kosong sama sekali. Biji gajah dan biji polispermi akan menurunkan mutu fisik biji karena biji gajah akan saling lepas pada saat proses pengupasan kulit tanduk sehingga mirip biji pecah, sedangkan biji polispermi berukuran lebih kecil dari biji normal karena jumlah biji yang terbentuk dalam buah lebih dari dua biji. Paparan ini secara rinci juga telah disebutkan oleh Wrigley (1988) dan Wintgens (2004).

Cekaman kekeringan telah banyak dilaporkan mempengaruhi berbagai sifat

agronomis tanaman kopi seperti yang diungkap oleh Yahmadi (1973), Nunes (1976), Nur & Zaenudin (1992), Pujiyanto & Zaenudin (1995), Mubiyanto (1997), Abdoellah (1997), Nur & Zaenudin (1999), DaMatta (2004), Pinheiro *et al.* (2005) serta Erwiyono (2005). Akan tetapi, aspek perubahan komposisi karakteristik biji akibat cekaman ini belum pernah dilaporkan, padahal menurut Yahmadi (1973), kopi Robusta diketahui lebih rentan terhadap kekeringan daripada kopi Arabika. Kekeringan yang sering terjadi di Indonesia menandakan semakin pentingnya aspek ini menjadi pertimbangan dalam kegiatan pemuliaan untuk menghasilkan varietas-varietas unggul baru. Ditambahkan lagi dampak dari pemanasan global yang menyebabkan cuaca ekstrim, terutama suhu tinggi dan perubahan pola sebaran hujan, semakin menekankan pentingnya faktor ketahanan terhadap cekaman kekeringan pada tanaman kopi.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui dampak kemarau panjang terhadap perubahan komposisi karakteristik biji pada kopi Robusta. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar strategi kegiatan pemuliaan khususnya terkait perakitan klon unggul tahan kekeringan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di KP Kaliwining (45 m dpl) yang memiliki tipe iklim C-D menurut Schmidt & Ferguson (1951). Bahan tanam yang diamati merupakan populasi bastar tahun tanam 2000 yang berasal dari

hasil persilangan resiprokal tiga genotipe kopi Robusta koleksi Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia yaitu BP 409, BP 961 dan Q 121. Jumlah genotipe pada populasi ini sebanyak 277 genotipe (termasuk ketiga tetuanya) yang terdiri atas hasil persilangan resiprok BP 961 x Q 121 sebanyak 88 nomor, BP 409 x Q 121 sebanyak 97 nomor dan BP 961 x BP 409 sebanyak 89 nomor.

Tiap progeni ditanam tunggal berdampingan dengan genotipe penyerbuk BP 42, walaupun pada kenyataannya proses penyerbukan dapat berlangsung di antara progeni. Metode budidaya sesuai dengan standar baku budidaya kopi Robusta (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, 1997), kecuali untuk kondisi naungan yang relatif terbuka karena banyaknya pohon penaung yang roboh akibat angin kencang selama penelitian ini berlangsung.

Pada penelitian ini, dampak kemarau panjang dipertimbangkan saat dimulainya bulan kering hingga ukuran buah hijau maksimal, yaitu pada tahun pembuahan 2005–2006 dan 2006–2007. Tahun pembuahan 2005–2006 merupakan tahun dengan jumlah bulan kering lebih sedikit daripada tahun 2006–2007. Bulan kering pada tahun pembuahan 2005–2006 berlangsung pada bulan Agustus dan September, sementara pada tahun pembuahan 2006–2007 berlangsung selama 5 bulan yaitu dari bulan Juni hingga Oktober. Saat kemarau tahun 2006, dilakukan penyiraman sebanyak dua kali yang dilakukan pada tengah bulan Juli dan Agustus. Volume air siraman per pohon tidak diketahui. Intensitas dan sebaran curah hujan pada saat dimulainya bulan kering hingga buah hijau maksimal pada masa

pembuahan tahun 2005-2006 dan 2006-2007 tertera pada Tabel 1.

Peubah yang diamati dalam penelitian ini yaitu persentase biji normal, biji bulat, biji polispermi dan biji kosong. Khusus untuk biji polispermi, yang diamati adalah biji

tiga. Pengamatan karakter biji dilakukan dengan memotong melintang 100 buah kopi yang diperoleh secara acak dari tiap genotipe kemudian dihitung jumlah biji normal, biji bulat, biji tiga dan biji kosong. Data yang diperoleh selanjutnya dikonversi ke dalam

Tabel 1. Sebaran curah hujan, suhu dan penyinaran matahari pada saat mekarnya bunga hingga buah hijau maksimal pada masa pembuahan tahun 2005-2006 dan 2006-2007

Table 1. Rainfall distribution, temperature and days light started from blossomed flower until maximum immature green cherries at fruiting period of year 2005-2006 and 2006-2007

Bulan Month	Tahun 2005-2006 (Year of 2005-2006)				Tahun 2006-2007 (Year of 2006-2007)			
	Temperatur maks (°C) Max temperature (°C)	Curah hujan (mm) Rainfall (mm)	Hari hujan Number of rainy days	Penyinaran matahari (%) Days light, (%)	Temperatur maks (°C) Max temperature (°C)	Curah hujan (mm) Rainfall (mm)	Hari hujan Number of rainy days	Penyinaran matahari (%) Days light, (%)
Juni (June)	34.2	66	7	70.3	31.6	4	3	52.0
Juli (July)	32.9	65	4	67.7	32.0	7	1	59.0
Agustus (August)	32.4	13	1	74.9	31.9	1	1	75.0
September (September)	33.5	21	2	84.5	33.3	0	1	79.0
Oktober (October)	32.6	101	11	71.6	34.1	0	0	80.0
November (November)	32.5	99	12	74.0	35.2	83	8	78.0
Desember (December)	31.6	467	29	42.0	34.5	383	19	65.0
Januari (January)	32.2	212	14	51.0	33.3	147	12	66.5
Februari (February)	33.4	190	17	63.1	33.7	237	20	60.1
Maret (March)	33.2	218	15	50.0	33.0	415	13	50.9
April (April)	33.6	283	16	60.1	33.7	245	12	69.6
Mei (May)	33.6	145	13	63.1	33.7	137	8	61.0
Jumlah (Total)	-	1880	141	-	-	1659	98	-
Rerata (Average)	33	-	-	64.4	33.3	-	-	66.3

Sumber: Stasiun klimatologi kebun percobaan Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi & Kakao Indonesia.

Source: Climatology station of Kaliwining research garden, Indonesian Coffee & Cocoa Research Institute.

bentuk persentase. Semua peubah diamati pada tiap genotipe pada masa pembuahan tahun 2005–2006 dan 2006–2007.

Dampak kemarau panjang pada perubahan komposisi karakteristik biji akan diketahui dari hasil uji t berpasangan (*paired t-test*) pada tiap karakter biji antartahun. Untuk mendukung penjelasan, sebelumnya akan dilakukan identifikasi terhadap keragaman dan pola sebaran karakter biji yang dilihat dengan dendrogram frekuensi sederhana, serta hubungan di antara karakteristik biji tersebut yang dilakukan dengan analisis korelasi. Data yang dianalisis berasal dari setiap genotipe yang diuji untuk setiap analisis yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dampak kemarau panjang terhadap perubahan komposisi karakteristik biji dilakukan pada populasi yang dibentuk dari hasil persilangan antartetua yang mempunyai jarak genetik yang jauh berdasarkan hasil pengujian Priyono *et al.* (1999) sehingga diharapkan rekombinasi sifat yang terjadi secara umum dapat maksimal, begitu juga dengan sifat karakter biji. Populasi bastar yang digunakan sebagian telah diverifikasi kemurniannya secara molekuler oleh Priyono *et al.* (2001) menggunakan teknik *Restriction Fragments Length Polymorphism* (RFLP) sehingga genotipe-genotipe kontaminan telah dikeluarkan dari populasi. Diharapkan, dengan tingkat keragaman yang tinggi pada populasi ini akan mewakili kondisi umum dari kopi Robusta. Tingkat keragaman dapat diduga secara cepat

dengan melihat selang nilai pada peubah yang akan diamati tersebut.

Karakter biji yang diamati tidak mencakup karakter biji poliembrioni karena kejadian biji jenis ini telah diketahui sangat jarang ditemukan pada kopi Robusta, berkebalikan dengan kopi Arabika yang dapat mencapai 30% (Hulupi, 1984), Iswanto *et al.* (1984), Mawardi & Hulupi (1995) dan Hulupi *et al.* (1997). Dalam studinya, Lashermes *et al.* (1994) dan Priyono *et al.* (2000) hanya menemukan biji poliembrioni pada kopi Robusta kurang dari 0,5%.

Pengamatan dampak kemarau panjang terhadap perubahan komposisi karakter biji dilakukan pada tahun pembuahan 2005–2006 dan 2006–2007. Mekarnya bunga (pembungaan besar) pada tahun 2005 tercatat terjadi sebanyak tiga kali yaitu dua kali pada bulan Juni dan satu kali pada bulan Juli. Selama perkembangan buah mulai dari bunga mekar hingga pengamatan dilakukan di bulan Mei tahun 2006, bulan kering yang terjadi hanya dua bulan yaitu bulan Agustus dan September 2005, sehingga tanaman relatif tidak mengalami cekaman lengas yang berarti.

Pada perkembangan buah tahun 2006–2007, mekarnya bunga terjadi pada bulan Juli dan Agustus 2006. Mekarnya bunga ini dipicu oleh penyiraman kebun untuk mempertahankan kehidupan tanaman. Setelah itu, tanaman tidak disiram lagi hingga dimulainya hujan pertama pada tengah bulan November 2006 (sekitar 3 bulan kemarau). Selama masa kemarau, jumlah cabang yang kering tercatat rata-rata sebanyak 35%. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa suhu maksimum bulanan rata-rata naik 0,3°C pada tahun pembuahan 2006–2007. Selain

itu, curah hujan turun 12% yang diikuti dengan penurunan jumlah hari hujan sebesar 30%. Walaupun pada tahun pembuahan 2006–2007 mempunyai bulan kering lebih banyak daripada tahun pembuahan 2005–2006, tetapi intensitas penyinarannya lebih rendah karena sering terjadi kondisi berawan, terutama pada bulan Juni dan Juli.

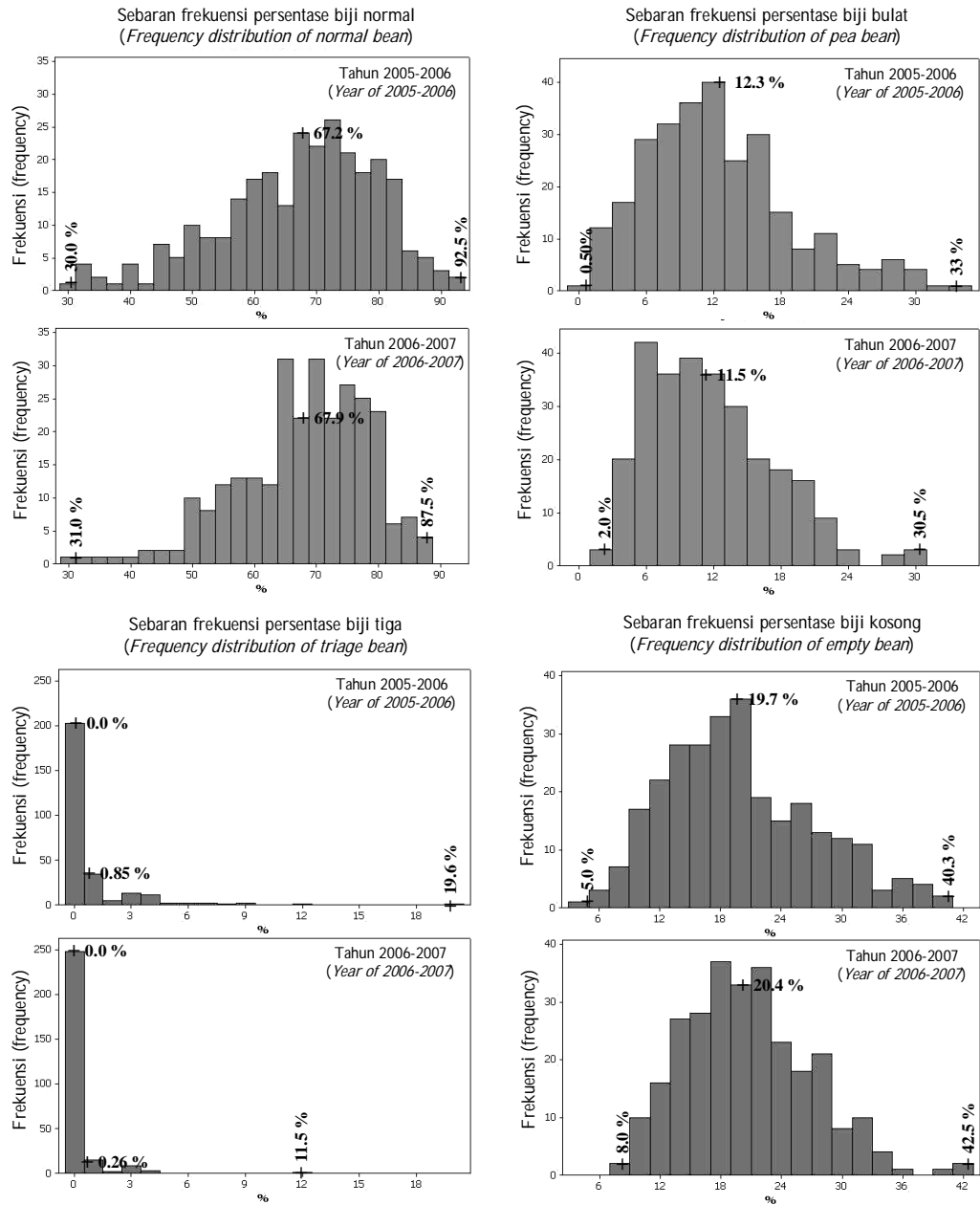
Keragaman dan Pola Sebaran Karakter Biji

Secara umum, tingkat keragaman dan sebaran tiap karakter biji dapat dilihat pada Gambar 1. Terlihat bahwa dari empat karakter biji yang diamati, karakter biji tiga ternyata merupakan karakter biji abnormal yang sedikit kejadiannya yaitu rata-rata 30% dari populasi pada dua tahun pembuahan. Selain itu, rerata kandungan biji tiga antartahun yang terjadi pun cukup kecil, hanya 0,6% secara populasi (atau 1,88% dari yang terjadi). Walaupun demikian, terdapat kasus yang memungkinkan kandungan biji tiga dapat mencapai > 10% dengan peluang 0,36% dari populasi. Hasil ini senada dengan yang dilaporkan oleh Hulupi *et al.* (1997) pada kopi Arabika, bahwa kejadian biji tiga hanya dialami oleh sekitar 35% dari populasi dan kasus kandungan biji tiga > 10% hanya terjadi sangat sedikit dari anggota populasi.

Berdasarkan hal tersebut di atas, terlihat bahwa masalah utama biji abnormal pada kopi Robusta lebih kepada terbentuknya biji bulat dan biji kosong dengan kandungan rata-rata pada dua tahun pembuahan masing-masing 11,9% dan 20%. Kandungan rerata dua tahun pembuahan untuk biji normal

ternyata cukup kecil, hanya 67,5%, namun demikian terdapat sejumlah genotipe tertentu yang kandungan biji normalnya berada pada nilai yang baik yaitu di atas 80%. Hulupi *et al.* (1997) merekomendasikan kandungan biji bulat, biji tiga dan biji kosong secara keseluruhan tidak mencapai > 10% pada suatu varietas kopi Arabika yang akan dikomersialkan.

Perbandingan histogram antartahun pembuahan pada masing-masing karakteristik biji memperlihatkan bahwa dampak kemarau panjang pada kandungan karakter biji normal menyebabkan penyempitan nilai selang populasi, baik nilai minimum maupun maksimum. Namun demikian, nilai tengah populasinya cenderung mengalami kenaikan. Pola sebaran biji normal cenderung tetap mengarah ke kanan atau dengan kata lain karakter biji ini cenderung untuk menghasilkan kandungan biji normal dalam proporsi yang tinggi, walaupun dampak kemarau panjang mengakibatkan turunnya nilai kandungan maksimum biji normal yang dapat dicapai. Kejadian yang sama juga terjadi pada karakter biji bulat, namun nilai tengahnya cenderung turun. Pola sebaran biji bulat cenderung tetap mengarah ke kiri atau berkebalikan dengan pola sebaran biji normal. Pada karakter biji tiga, kemarau panjang berdampak pada penurunan jumlah genotipe yang memiliki biji tiga, selain itu selang nilai populasinya juga menyempit dan diikuti oleh turunnya nilai tengah populasi. Pola sebaran biji tiga pada penelitian ini juga sejalan dengan yang didapatkan oleh Hulupi *et al.* (1997). Dampak kemarau panjang pada nilai selang kandungan karakter biji kosong cenderung menggeser nilai selang ke arah



Gambar 1. Sebaran frekuensi persentase biji normal, biji bulat, biji tiga, dan biji kosong.

Figure 1. Frequency distribution of normal beans, pea beans, triage beans, and empty beans.

kanan atau menaikkan nilai minimum dan maksimum populasi. Pergeseran nilai ini diikuti oleh naiknya nilai tengah populasi. Pola sebaran biji bulat terlihat mirip dengan biji kosong, kecuali pada kondisi kemarau panjang di tahun pembuahan 2006–2007. Pola sebaran biji kosong di tahun pembuahan 2006–2007 cenderung berbalik arah menuju ke proporsi yang lebih tinggi. Pola sebaran seperti ini sejalan dengan penemuan Iswanto *et al.* (1984) pada persilangan kopi Arabika S 288 x AB 7 dan S 795 x 1 Jember, dan Hulupi *et al.* (1997) pada keturunan persilangan kopi Arabika S 1934 x Caturra Kuning.

Berdasarkan pola sebaran yang dihasilkan, kemungkinan pola pewarisan sifat serta dugaan gen pengatur pada karakteristik biji adalah mirip pada kedua spesies kopi ini walaupun secara genetik berbeda sifat ploidynya. Uraian secara lengkap tentang pewarisan sifat karakter biji bulat, biji tiga dan biji kosong pada kopi Arabika secara lengkap dibahas oleh Hulupi *et al.* (1997). Namun, untuk kandungan biji normal,

kemungkinan tidak akan sama karena pada kopi Arabika dipengaruhi oleh kejadian biji poliembrioni. Selain itu, perlu dipertegas bahwa kemungkinan kemiripan ini hanya berlaku pada saat kondisi kemarau pendek. Belum didapatkan bukti bahwa pada saat kondisi sama-sama mengalami kemarau panjang, penampilan pola sebaran kedua spesies ini akan mirip juga.

Korelasi Antarkarakter Biji

Korelasi antarkarakter biji dapat dilihat pada Tabel 2. Tampak bahwa biji bulat dan biji kosong berkorelasi negatif nyata dengan biji normal. Nilai korelasi antarbiji tersebut tinggi, dengan demikian dapat diartikan bahwa bila terjadi kenaikan kandungan biji normal akan diikuti dengan penurunan kandungan biji bulat serta biji kosong, dan sebaliknya. Dampak kemarau panjang ternyata relatif tidak merubah korelasi antarkedua jenis karakteristik biji ini. Korelasi negatif antara biji normal dengan biji bulat dan biji kosong sebenarnya juga

Tabel 2. Matriks korelasi antara sifat biji normal, biji bulat, biji tiga dan biji kosong

Table 2. Correlation matrix among characters of normal bean, round bean, triage bean and empty bean

	2005-2006						2006-2007					
	Biji normal <i>Normal bean</i>		Biji bulat <i>Pea bean</i>		Biji tiga <i>Triage bean</i>		Biji normal <i>Normal bean</i>		Biji bulat <i>Pea bean</i>		Biji tiga <i>Triage bean</i>	
	r	P-value	r	P-value	r	P-value	r	P-value	r	P-value	r	P-value
Biji bulat <i>Pea bean</i>	-0.91	< 0.01	-	-	-	-	-0.89	< 0.01	-	-	-	-
Biji tiga <i>Triage bean</i>	0.07	0.23	-0.25	< 0.01	-	-	0.06	0.31	-0.10	0.08	-	-
Biji kosong <i>Empty bean</i>	-0.94	< 0.01	0.75	< 0.01	-0.18	< 0.01	-0.91	< 0.01	0.62	< 0.01	-0.17	< 0.01

Catatan (Note): Data yang dianalisis berasal dari seluruh genotipe yang diujikan atau terdiri atas 277 pasang data (*The analysis was conducted based on data from all of genotypes observed or 277 data pairs*).

tercermin dari pola sebaran yang berkebalikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini mengindikasikan bahwa seleksi untuk mendapatkan klon kopi Robusta dengan proporsi biji normal yang tinggi mudah dilakukan karena secara otomatis proporsi biji abnormal akan mengecil. Hasil ini bertolak belakang dengan yang dilaporkan oleh Iswanto *et al.* (1984) pada kopi Arabika yang menyebutkan bahwa kandungan biji normal berkorelasi positif dengan biji bulat.

Dampak kemarau panjang juga relatif tidak merubah korelasi antara biji bulat dan biji kosong. Kedua karakter biji ini berkorelasi positif nyata dengan nilai yang cukup tinggi. Hal yang sama juga terjadi pada korelasi antara biji tiga dan biji normal yang tetap menunjukkan tidak berkorelasi. Di lain pihak, kemarau panjang menyebabkan korelasi negatif antara biji tiga dan biji bulat menjadi tidak nyata, walau pun nilai korelasi kedua jenis biji ini kecil.

Berdasarkan hasil yang telah dipaparkan di atas, dapat dimengerti bila biji bulat berkorelasi negatif dengan biji normal, oleh karena saat terbentuknya biji bulat secara otomatis akan mengurangi jumlah biji normal yang terbentuk. Di sisi lain, secara tidak langsung terbentuknya biji bulat diikuti dengan terbentuknya ruang yang tidak terisi menjadi biji kosong sehingga kontribusi proporsi biji kosong akan dipengaruhi oleh banyaknya biji bulat yang terbentuk. Tidak seperti keterkaitan antara biji normal, biji bulat dan biji kosong yang memiliki korelasi tinggi, korelasi terbentuknya biji tiga dengan biji lain justru menunjukkan hasil yang berbeda. Terbentuknya biji tiga tidak berkorelasi dengan terbentuknya biji nor-

mal. Mungkin dalam hal ini pembentukan biji tiga mempunyai spesifik gen tersendiri karena pada dasarnya pembentukan biji normal dan biji bulat terjadi pada jenis buah yang sama yaitu buah beruang dua, sedangkan pada biji tiga ruangan yang terbentuk adalah tiga. Calon buah berbiji tiga secara cepat dapat dilihat pada putik bunganya yang memiliki tiga buah stigma. Wormer (1964) menyebutkan bahwa biji tiga terbentuk karena di dalam bakal buah bunga terdapat tiga ruang biji. Menurut Hulupi *et al.* (1997), munculnya karakter biji tiga pada persilangan kopi Arabika AB 3 x S 1934 tidak dipengaruhi oleh tetua betina.

Dampak Kemarau Panjang Terhadap Perubahan Komposisi Karakter biji

Untuk mengetahui pengaruh kemarau panjang terhadap perubahan proporsi karakter biji, dilakukan analisis pada pasangan karakter yang sama di tahun yang berbeda untuk setiap genotipe yang diujikan menggunakan uji *t* (*t-test*) (Tabel 3). Tampak bahwa kemarau panjang tidak nyata berdampak pada perubahan proporsi karakter biji normal, tetapi berdampak pada tiga karakter biji lainnya. Proporsi terbentuknya biji bulat dan biji tiga mengalami penurunan akibat kemarau panjang, sebaliknya proporsi biji kosong mengalami kenaikan.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa proporsi biji bulat berkorelasi negatif dengan biji normal namun terjadinya perubahan proporsi biji bulat tidak diimbangi secara nyata oleh perubahan proporsi biji normal. Walaupun secara statistik proporsi terbentuknya biji normal pada tahun pembuahan

Tabel 3. Hasil uji t berpasangan antartahun pada sifat-sifat biji normal, biji bulat, biji tiga dan biji kosong

Table 3. Paired t-test analysis result between years on characters of normal beans, round beans, triage beans, and empty beans characteristics

Karakteristik biji Bean characteristic	Persentase (Percentage)	
	2006	2007
Biji normal (normal beans)	67.16 a	67.86 a
Biji bulat (pea beans)	12.30 a	11.48 b
Biji tiga (triage beans)	0.85 a	0.58 b
Biji kosong (empty beans)	19.69 a	20.40 b

Catatan (Notes): huruf-huruf yang mengikuti angka pada baris yang sama menunjukkan signifikansi perbedaan pada taraf 5%. Data yang dianalisis berasal dari seluruh genotipe yang diujikan atau terdiri atas 277 pasang data (Letters following number in the same row showing significancy different at 5% level. The analysis was conducted based on data from all of genotypes observed or 277 data pairs).

2005–2006 dengan 2006–2007 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata tetapi nilai tengah karakter tersebut menunjukkan kenaikan di tahun pembuahan 2006–2007. Dengan demikian, hal ini sesuai dengan hasil korelasi yang dijelaskan sebelumnya bahwa kenaikan proporsi biji normal akan diikuti oleh penurunan proporsi biji bulat, dan sebaliknya. Namun di sisi lain, seperti yang juga telah diuraikan sebelumnya, penurunan proporsi biji bulat ternyata tidak diikuti oleh penurunan proporsi biji kosong, tetapi justru sebaliknya. Untuk mengetahui penyebab naiknya proporsi biji kosong secara rinci maka uji t kembali dilakukan pada proporsi

biji kosong dengan membagi sumber penyumbangnya menjadi dua bagian yaitu yang berasal dari pasangan biji bulat dan dari biji lainnya (Tabel 4).

Terlihat bahwa kenaikan proporsi biji kosong disebabkan oleh kenaikan kejadian biji kosong yang berasal dari biji lainnya. Diduga bahwa kenaikan ini lebih berasal dari kegagalan tumbuhnya pasangan biji normal atau keduanya daripada berasal dari biji tiga karena proporsi kejadian biji tiga kecil. Penurunan proporsi biji kosong yang berasal dari pasangan biji bulat masih lebih kecil dibanding dengan kenaikan proporsi biji

Tabel 4. Hasil uji t berpasangan antartahun pada karakter biji kosong

Table 4. Paired t- test between year on empty bean characters

Karakteristik biji Bean characteristic	Persentase (Percentage)	
	2006	2007
Biji kosong dari pasangan biji bulat Empty bean from paired round bean	12.3 a	11.5 b
Biji kosong dari biji lainnya Empty bean from others bean	7.4 a	8.9 b

Catatan (Note): huruf-huruf yang mengikuti angka pada baris yang sama menunjukkan sigifikansi perbedaan pada taraf 5%. Data yang dianalisis berasal dari seluruh genotipe yang diujikan atau terdiri atas 277 pasang data (Letters followed number in the same row showing significancy different at 5% level. The analysis was conducted based on data from all of genotypes observed or 277 data pairs).

kosong yang berasal dari kegagalan tumbuh biji normal. Dengan demikian, kemarau panjang menyebabkan kejadian biji kosong pada biji normal meningkat, sebaliknya proporsi biji kosong asal pasangan biji bulat turun mengikuti penurunan proporsi kejadian biji bulat. Kenaikan proporsi biji kosong secara otomatis akan menurunkan rendemen biji.

Kondisi kemarau yang mengakibatkan cekaman lengas tidak selalu berakibat merugikan, jika hal tersebut tidak terjadi secara berkepanjangan. Pada tanaman kopi cekaman lengas membantu menyelesaikan proses pembungaan karena mematangkan dormansi kuncup bunga (Nunes, 1976; Goodyear, 2004; Wintgens, 2004). Cekaman lengas diperlukan untuk menahan semua bunga yang primordianya baru terbentuk dan yang sudah terdiferensiasi agar tetap dorman dalam waktu tertentu sehingga pemekaran bunga lebih serentak. Untuk pemekaran bunga serentak harus ada 6 minggu kering (Kumar, 1979).

Musim kemarau di daerah bertipe iklim C dan D (3–4 bulan kering) menyebabkan terjadinya cekaman lengas, dan menjadi lebih berat lagi apabila terjadi lebih panjang (Mubiyanto, 1997). Kondisi agroklimat selama masa kemarau 2006–2007 sangat tidak menguntungkan bagi perkembangan buah kopi Robusta. Suhu tinggi $> 30^{\circ}\text{C}$ pada tahun 2005–2006 sebenarnya sudah membuat laju fotosintesis berkurang (Descroix & Snoeck, 2004), sehingga kenaikan suhu di tahun 2006–2007 akan semakin menekan laju fotosintesis yang berakibat asimilat yang dibentuk juga akan semakin menurun. Di samping itu, jumlah

hari hujan yang lebih sedikit juga diduga akan semakin menurunkan kelembaban kebun sehingga berlangsungnya waktu suhu maksimum harian juga akan lebih lama. Descroix & Snoeck (2004) menyatakan bahwa sebaran hujan sangat penting bagi tanaman kopi selain curah hujan.

Cekaman lengas menyebabkan proses penyerapan mineral dan aktivitas metabolisme terhambat sehingga proses pertumbuhan terganggu (Kumar, 1979). Dampak cekaman lengas terhadap perkembangan pentil buah dipengaruhi oleh tingkat kerusakan dan umur cabang buah. Cekaman lengas yang berkepanjangan menyebabkan daun-daun mengering dan gugur serta mengakibatkan cabang mati sehingga bunga dan buah yang terdapat pada cabang juga ikut mengering (Nur & Zaenudin, 1999).

Kegiatan penyiraman yang dilakukan pada penelitian ini paling tidak telah mampu mempertahankan kondisi tanaman agar tidak mati, walaupun jumlah cabang yang kering mencapai 35%. Volume air siraman/pohon yang dilakukan pada penelitian ini tidak diketahui namun akibat perlakuan ini telah mampu menginduksi pembungaan. Pujiyanto & Zaenudin (1999) melaporkan bahwa beberapa perlakuan penyiraman dengan volume air tertentu pada pertengahan musim kemarau panjang dapat meningkatkan produksi dengan persentase kenaikan yang bervariasi. Namun demikian, diketahui bahwa penyiraman hingga 30 l/pohon tidak cukup untuk menaikkan produksi, tetapi justru menunjukkan kecenderungan penurunan produksi. Kegiatan penyiraman berdampak pada mekarnya bunga dan berkembangnya buah di musim kemarau,

padahal kegiatan fotosintesis saat kemarau relatif menemui berbagai hambatan sehingga asimilat yang tersedia akan dibagi pada semua pentil untuk mempertahankan kehidupannya. Apabila buah mulai terbentuk di akhir musim kemarau, biji bernas yang terbentuk akan lebih baik karena proses fotosintesis tidak lagi menemui hambatan karena dampak cekaman kekeringan. Yahmadi (1973) menyatakan bahwa bunga-bunga yang tumbuh dan mekar pada akhir musim kemarau yang berpeluang menjadi buah. Lebih lanjut Pujiyanto & Zaenudin (1999) menyatakan bahwa respons tanaman kopi terhadap penyiraman sebenarnya dipengaruhi oleh ada tidaknya hujan setelah penyiraman, kedalaman/jeluk efektif tanah maupun status kesuburannya.

Beberapa tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak kemarau di antaranya adalah mengurangi evapotranspirasi dan mengurangi sengatan cahaya langsung (Yahmadi, 1973; Descroix & Wintgens, 2004) dan hal ini hanya dapat dipenuhi melalui keberadaan tanaman penaung yang baik. Keberadaan tanaman penaung juga dapat meminimalkan efek suhu tinggi (Descroix & Snoeck, 2004) serta membantu kestabilan suhu tanah (Descroix & Wintgens, 2004). Namun, kondisi lokasi penelitian yang relatif terbuka akibat banyaknya pohon penung yang roboh menyebabkan fungsi penghindaran terhadap dampak kemarau panjang menjadi tidak efektif karena sinar matahari secara langsung sampai tanah dan tanaman kopi sehingga persentase cabang yang kering mencapai 35%.

Persentase cabang yang kering mungkin

akan semakin besar bila intensitas penyinaran tahun 2006–2007 lebih tinggi daripada tahun 2005–2006. Kondisi sering berawan, terutama pada dua bulan kering pertama tahun 2006–2007 setidaknya telah membantu mengurangi kerusakan tanaman akibat sengatan cahaya langsung. Namun demikian, kondisi agroklimat lain seperti kecepatan angin sebenarnya juga akan mempengaruhi suhu dan kelembaban kebun, termasuk kemungkinan suhu udara yang dibawa oleh angin. Praktek budidaya seperti pemberian bahan organik juga diketahui dapat mengurangi laju penurunan lengas tanah seperti yang dilaporkan oleh Baon & Abdoellah (2002), namun kegiatan ini tidak dilakukan pada lokasi percobaan.

Faktor-faktor tersebut kemungkinan yang menyebabkan perkembangan buah menjadi tidak optimal karena terjadi persaingan penggunaan asimilat yang terbatas. Biji-biji normal yang kalah bersaing memperebutkan asimilat pada akhirnya abortus sehingga menjadi biji kosong tetapi perkembangan buah tetap berlangsung. Yahmadi (1973) menyatakan bahwa apabila tanaman mengalami kekeringan setelah bunga-bunganya mekar, maka pentil buah akan mengalami hambatan dalam pertumbuhannya. Pentil yang terdapat pada cabang-cabang yang daunnya telah rontok pada umumnya mengalami pengguguran. Ada kalanya buah tersebut masih tumbuh terus, tetapi sebagian akan menjadi kopi yang masak sebelum waktunya dengan biji kerdil atau sama sekali kosong.

Di sisi lain, ketahanan tanaman terhadap cekaman air juga dipengaruhi oleh genetik tanaman itu sendiri seperti yang didapatkan

oleh Nur & Zaenudin (1992) dan Erwiyono (2003) yang melaporkan bahwa klon kopi Robusta BP 409 merupakan klon yang tahan terhadap cekaman lengas. Berbagai variasi sifat tanaman dapat menjadi indikator pembeda tingkat ketahanan klon kopi Robusta terhadap cekaman lengas seperti indeks luas daun, laju pertukaran gas, keragaan tajuk tanaman, diskriminasi isotop karbon, kebutuhan air (DaMatta, 2004), kedalaman akar (DaMatta, 2004; Pinheiro *et al.* 2005) dan sensitivitas pembukaan dan penutupan stomata (Pinheiro *et al.* 2005). Pada penelitian ini, klon BP 409 digunakan sebagai salah satu tetua sehingga dimungkinkan sifat ketahanan tersebut diwariskan pada genotipe yang ada pada populasi ini. Persilangannya dengan tetua lain yang mempunyai jarak genetik jauh memungkinkan didapatkannya keturunan yang mempunyai sifat ketahanan terhadap cekaman lengas yang lebih baik dari tetuanya.

KESIMPULAN

1. Dampak kemarau panjang pada kandungan karakter biji normal, biji bulat dan biji tiga cenderung menyebabkan penyempitan nilai selang populasi. Nilai tengah populasinya cenderung mengalami kenaikan, kecuali untuk biji normal. Pengaruh kemarau panjang pada karakter biji kosong cenderung menggeser nilai selang populasi ke proporsi yang lebih tinggi, dan diikuti oleh naiknya nilai tengah populasi.
2. Kemarau panjang cenderung berdampak pada perubahan pola sebaran biji kosong yang mengarah ke proporsi yang tinggi.
3. Karakter biji normal berkorelasi negatif dengan karakter biji bulat dan biji kosong. Karakter biji bulat berkorelasi positif dengan karakter biji kosong. Karakter biji tiga tidak berkorelasi dengan biji normal, namun berkorelasi negatif dengan biji bulat dan biji kosong.
4. Proporsi terbentuknya biji bulat dan biji tiga mengalami penurunan akibat kemarau panjang, sebaliknya proporsi biji kosong mengalami kenaikan. Kenaikan proporsi biji kosong disebabkan oleh kenaikan kejadian biji kosong yang berasal dari biji normal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia atas fasilitas penelitian yang telah diberikan sehingga tulisan ini dapat dibuat. Rasa terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Surip Mawardi dan Ir. Priyono, DIRS atas dukungannya, dan kepada Sdr. Buniman atas bantuannya dalam kegiatan pengamatan dan koleksi data.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdoellah, S. (1997) Ancaman cekaman air di musim kemarau panjang pada tanaman kopi dan kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao*, 13, 77–82.
- Baon, J. B. & S. Abdoellah (2002). Status lengas tanah dan hara pertanaman kopi Robusta saat kemarau akibat penambahan pupuk nitrogen dan bahan organik. *Pelita Perkebunan*, 18, 84–98.
- DaMatta, F. M. (2004). Exploring drought tolerance in coffee: A physiological ap-

- proach with some insight for plant breeding. *Braz. J. Plant Physiol.*, 16, 1–6.
- Descroix, F. & J. Snoeck (2004). Environmental factors suitable for coffee cultivation. p. 164–177. *In*: J. N. Wintgens (Ed.). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim.
- Descroix, F. & J. N. Wintgens (2004). Establishing a coffee plantation. p. 178–245. *In*: J. N. Wintgens (Ed). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim.
- Erwiyono, R. (2005). Lemas tanah dan turgiditas beberapa klon kopi Robusta di dataran aluvial berpola hujan musiman. *Pelita Perkebunan*, 21, 113–130.
- Goodyear, R. (2004). Irrigation. p. 308–323. *In*: J. N. Wintgens (Ed). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim.
- Hulupi, R. (1984). Poliembrioni dan permasalahannya pada kopi Arabika di plato Ijen. *Menara Perkebunan*, 52, 227–233.
- Hulupi, R.; P. Rahardjo & S. Mawardi (1997). Pewarisan abnormalitas biji pada kopi Arabika. *Pelita Perkebunan*, 13, 53–62.
- Iswanto, A.; Soenaryo & S. Hartobudoyo (1984). Pewarisan bentuk biji kopi Arabika. *Menara Perkebunan*, 52, 237–241.
- Kumar, D. (1979). Some aspect plant-water-nutrient relationships in *Coffea arabica* L. *Kenya Coffee*, 44, 15–21.
- Lashermes, P.; E. Couturon & A. Charrier (1994). Doubled haploids of *Coffea canephora*: development, fertility, and agronomic characteristics. *Euphytica*, 74, 149–157.
- Mawardi, S. & R. Hulupi (1995). Genotype by environment interaction of bean characteristics in Arabica coffee. *Proc 16th ASIC Coll*, 637–644.
- Mubiyanto, B. O. (1997). Tanggapan tanaman kopi terhadap cekaman air. *Warta Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao*, 13, 83–95.
- Nunes, M. A. (1976). Significance of plant water deficits to growth and yield: A review. *J. Coffee Res.*, 6, 4–21.
- Nur, A. M. & Zaenudin (1992). Adaptasi beberapa klon kopi Robusta terhadap tekanan kekeringan. *Pelita perkebunan*, 8, 55–60.
- Nur, A. M. & Zaenudin (1999). Perkembangan buah dan pemulihan pertumbuhan kopi Robusta akibat cekaman kekeringan. *Pelita perkebunan*, 15, 162–174.
- Pinheiro, H. A.; F. M. DaMatta; A. R. M. Chaves; M. E. Loureiro & C. Ducatti (2005). Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. *Annals of Botany*, 96, 101–108.
- Priyono; A. Henry; A. Deshayes; B. Purwadi & S. Mawardi (1999). The polymorphism level of *Coffea canephora* in several clone couple, restriction enzymes and probe sources. *Pelita Perkebunan*, 15, 152–161.
- Priyono; B. Purwadi; A. W. Susilo & S. Mawardi (2000). Frekuensi terbentuknya biji poliembrioni pada beberapa klon kopi Robusta (*Coffea canephora*) dan keberhasilannya pada kultur *in vitro*. *Pelita Perkebunan*, 16, 110–120.
- Priyono; A. Henry; A. Deshayes; B. Purwadi & S. Mawardi (2001). Verification of

- hybrid progenies by using RFLP technique on *Coffea canephora* Pierre. *Pelita Perkebunan*, 17, 1–9.
- Pujiyanto & Zaenudin (1995). Dampak penyiraman pada musim kemarau panjang terhadap produksi kopi pada tahun berikutnya. *Warta Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao*, 11, 164–169.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (1997). *Pedoman Teknis Budidaya Tanaman Kopi (Coffea sp.)*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember.
- Wrigley, G. (1988). *Coffee*. Longman, London.
- Wormer, T. M. (1964). Normal and abnormal development of coffee berries. *Kenya Coffee*, 29, 91–106.
- Wintgens, J. N. (2004). The Coffee Plant. p. 3–24. *In*: J. N. Wintgens (Ed). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Yahmadi, M. (1973). Pengaruh kemarau panjang terhadap tanaman kopi. *Menara Perkebunan*, 41, 235–240.
